

При установке отдельного охладителя кусковых материалов температура подогрева воздуха его охлаждения может достигать 400–800 °С. Последующее использование физического тепла воздушного потока осуществляется путем прямого перетока газов в рабочее пространство вращающейся печи. Высокое теплосодержание воздушного дутья позволяет направлять его для реализации технологического процесса при снижении расхода топлива на величину до 15–25 %. Уменьшение общего расхода твердого топлива позволит снизить химический недожог в печи и улучшить экологическую обстановку.

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты печей глиноземного производства: учеб. пособие для вузов / С.Н. Гущин, С.Г. Майзель, В.И. Матюхин, В.А. Гольцев. – Екатеринбург: УГТУ, 2000. – 231 с.
- 2 Козлов П.А. Вельц-процесс. – М: Руда и металлы. 2002. – 176 с.
- 3 Технологический регламент для разработки проекта участка комплексной переработки цинкосодержащих пылей черной металлургии с получением товарной продукции в виде вельц-оксида, свинце-цинкосодержащих возгонов и железосодержащих окатышей. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 78 с.

УДК 66.041.51

П. В. Галичин, В. И. Матюхин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ РОТОРНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

Аннотация

В данной работе рассмотрены конструкция и тепловая работа роторной печи для плавки вторичного алюминия. Произведена оценка качества сжигания топлива, составлен тепловой баланс действующей печи и миксера. Предложены мероприятия по техническому совершенствованию печи с целью снижения расхода топлива, длительности плавки, уменьшения пылевой нагрузки, уменьшения подсоса воздуха: снижение подсоса воздуха за счет уплотнения стыка между горелочным устройством и амбразурой, реконструкция шлаковика роторной печи за счет увеличения объема камеры и установки перегородки, установка группового циклона ЦН-15-800-4УП, установка в шлаковике и на тракте роторной печи металлический рекуператор для подогрева воздуха на горение топлива, организация подачи топлива с помощью батарей инжекционных горелок во время завалки. При реализации предложенного технического совершенствования ожидается уменьшение пылевой нагрузки на рукавный фильтр, сокращение длительности плавки, экономия топлива, снижение подсоса воздуха.

Ключевые слова: роторная печь; тепловой баланс; техническое совершенствование; экономия топлива; длительность плавки; пылевая нагрузка; снижение подсоса воздуха.

Abstract

In this work the design and thermal performance rotary furnace for melting of secondary aluminum. The estimation of combustion quality, compiled heat balance and furnace operating mixer. The measures according to technical improvement of the furnace in order to reduce fuel consumption, the melting duration, reducing the dust loading, reduce air leaks: reducing air leaks due to seal the joint between the burner device and a porthole, reconstruction slag chambers rotary furnace by increasing the volume of the chamber and install septum installation ZN-cyclone group

15-800-4UP installing a slag chambers tract and rotary kiln metallic recuperator for heating air for combustion of the fuel, the organization of innings Fuel cells via injection burners during filling. When implementing the proposed technical improvement is expected to decrease the load on the dust filter bag, the length reduction smelting, fuel economy, reducing air leakage.

Keywords: rotary kiln; heat balance; technical improvement; fuel economy; duration of melting; dust loading; reduction of air inflow.

Роторная печь предназначена для переработки алюминийсодержащих шлаков и лома и состоит из роторной плавильной печи и миксера. Процесс выплавки металла периодический. Топливо – природный газ северных месторождений, дутье – вентиляторный воздух. Роторная печь имеет бочкообразную форму (рис. 1). С торцов расположены амбразуры. Через одну амбразуру производится загрузка шихты и подача теплоносителя с помощью подвижной грелки, которая во время загрузки перемещается вверх и открывает амбразуру для подачи шихты. Печь во время загрузки не отапливается. С противоположного конца печи через амбразуру производится отбор дымовых газов. Печь имеет металлический корпус, изнутри футерованный в два слоя огнеупорным кирпичом: первый слой – шамотный кирпич плотностью 2 г/см^3 толщиной 65 мм; второй слой – шамот плотностью $2,25 \text{ г/см}^3$ и толщиной 250 мм. В корпусе печи в центральной части бочки размещены два отверстия – одно служит для выпуска металла, другое – шлака. Вращение печи, число оборотов изменяется в соответствии с технологическими условиями плавки. Для сжигания топлива используется двухпроводная горелка системы «MULTIFIRE-10» с автоматическим розжигом и регулированием соотношения газ–воздух с помощью жесткой связи. Воздух на горение подается вентилятором ВР 12–26–5. Миксер – камерная отражательная печь предназначен для доводки расплава металла, поступающего из роторной печи. Миксер имеет сварной металлический корпус, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом. Отопление производится двумя горелками, установленными на одной торцевой стороне печи, имеющими индивидуальные вентиляторы ВВД–5, размещенные на металлоконструкциях верха печи. Между горелками имеется заливочное отверстие, отвод дымовых газов производится через окно на противоположной стороне печи. На фронтальной стороне размещены два завалочных окна с подъемными крышками. Для выпуска готового металла имеется сливная летка. При выпуске металла миксер поворачивается на 30 градусов к горизонту. Отвод дымовых газов от печей производится через индивидуальные пылесадительные камеры – шлаковики, затем отводные газоходы объединяются в общий коллектор. Дымовые газы проходят через шлаковики, поступают в общий дымопровод, проходят охладитель, рукавный фильтр и после очистки дымососом выбрасываются в трубу.



Рис. 1. Роторная печь

Установка оснащена системой КИПиА, контролирующей и управляющей основными режимными параметрами, в том числе автоматикой безопасности.

Измерение состава продуктов горения в рабочем пространстве роторной печи (перед входом газов в амбразуру) производилось с момента окончания загрузки до первого выпуска металла. Относительная тепловая нагрузка (по степени открытия клапана) за этот период изменялась от 100 % до 50 % или по газу от 540–340 м³/ч.

Таблица 1

Нагрузка, %	Режим сжигания топлива		Коэффициент расхода дутья α
	Содержание компонентов в дыме, %		
	CO	O ₂	
100	0,0–0,4	1,8–3,0	1,08–1,10
60	0,0	7,6–8,0	1,55–1,60

Таким образом, в данном диапазоне изменения тепловой нагрузки обеспечивается практически полное сжигание топлива. Однако необходимо отметить следующее. Оптимальный режим горения (α близко к единице) соответствует максимальным нагрузкам. При снижении уровня нагрузок эффективность сжигания топлива уменьшается – падает температура горения топлива, растут потери тепла с отходящими газами. Анализ полученных результатов показывает, что регулятор соотношения топливо – воздух настроен таким образом, что объем дутья составляет во всем диапазоне изменения нагрузок 70–75 % от теоретически необходимого ($\alpha=1,0$). Остальной воздух, необходимый на горение и избыточный, поступает через щель в месте стыковки горелки с печью. Объем подсосанного воздуха колеблется в пределах 2100–2340 м³/ч. Сделаем сравнительную количественную оценку тепловых потерь с дымовыми газами соответственно существующему режиму сжигания и сжигания с $\alpha=1,1$. По замерам штыковой термопарой температура дыма в отводящей амбразуре изменяется от 800 °С (нагрузка 100 %) до 1050 °С (нагрузка 60–70 %) перед сливом. В расчетах приняли, что температура дыма изменяется обратно пропорционально нагрузке, объем дымовых газов определили по результатам газового анализа. Результаты оценки изменения потерь тепла в зависимости от режима сжигания топлива в расчете на 1 м³ природного газа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Нагрузка по топливу, %	Температура дыма, °С	Изменение потерь тепла от режима сжигания топлива				
		Потери тепла на 1 м ³ природного газа q_2 , ккал/м ³				
		α_p	q_2	α_p	q_2	Относ. увел., %
80	925	1,10	3770	1,26	4196	11,3
70	987	1,10	4017	1,38	5040	25,5
60	1050	1,10	4390	1,55	6300	40,0

Как видно из приведенных данных, на пониженных тепловых нагрузках эффективность работы печи заметно снижается. Сжигание топлива с $\alpha=1,38–1,55$ приводит к росту потерь с дымовыми газами на 25,5–40 % по сравнению со сжиганием с $\alpha=1,10$. С учетом того, что доля потерь тепла с дымовыми газами составляет 50,3 %, это приводит к увеличению расхода природного газа на 12,8–20,1 % в эти периоды. Следует отметить, что кроме негативного воздействия на расход топлива, существующий режим сжигания из-за наличия в дымовых газах избыточного кислорода – от 3 до 8 % – по-видимому приводит к повышенному окислению металла и его потерь со шлаком и плавильной пылью. Поэтому необходима организация режима сжигания топлива с минимальным коэффициентом расхода дутья, для чего нужно максимально уплотнить узел стыковки горелки с печью, уменьшить зазор между срезом канала горелки и торцевым фланцем и произвести перенастройку регулятора соотношения топливо-воздух. Реконструкция узла стыковки горелки с печью необходима, особенно при использовании нагретого дутья, так как в этом случае подсос холодного воздуха крайне нежелателен.

Во время испытаний была проведена оценка максимальной производительности горелочного устройства. По полученным данным при расходе природного газа 640 м³/ч и вентиляторного воздуха 5000 м³/ч коэффициент расхода дутья по анализу дымовых газов равен 0,98, содержание СО = 1,4 %.

По наблюдениям, факел горящего топлива при этом режиме выбивался в шлаковик. По-видимому, расход природного газа 600–640 м³/ч является предельным для условий сжигания в роторной печи.

Недожог топлива отсутствует. Состав газа в шлаковике изменяется в следующих пределах СО₂ = 5,4–4,3 %, О₂ = 10,2 – 13,3 %, СО = 0,0 %, α = 1,8–2,14.

В таблицах 4 и 5 приведены тепловые балансы роторной печи и миксера.

Таблица 4

Тепловой баланс роторной печи

ПРИХОД ТЕПЛА			РАСХОД ТЕПЛА		
Наименование	Ккал/ч	%	Наименование	Ккал/ч	%
1. Тепло топлива	3570000	100,0	1. Тепло на нагрев и плавление	1624700	45,5
			2. Потери тепла с отходящими газами	1797000	50,3
			3. Потери тепла через кладку	148300	4,2
ИТОГО	3570000	100	ИТОГО	3570000	100

Таблица 5

Тепловой баланс миксера

ПРИХОД ТЕПЛА			РАСХОД ТЕПЛА		
Наименование	Ккал/ч	%	Наименование	Ккал/ч	%
1. Тепло топлива	1632000	100,0	1. Тепло на нагрев и плавление	300300	18,4
			2. Потери тепла с отходящими газами	1242700	76,1
			3. Потери тепла через кладку	89000	5,5
ИТОГО	1632000	100	ИТОГО	1632000	100

По данным тепловых балансов наибольшие затраты тепла составляют потери с уходящими газами – 50,3 % для роторной печи и 76,1 % для миксера. Термический к.п.д. агрегатов составляет 45,5 % для роторной печи и 18,4 % для миксера. Повышенный относительно миксера термический к.п.д. роторной печи объясняется тем, что в печи происходит нагрев материала от нулевых температур до температуры плавления, температура дымовых газов в процессе плавки меняется в пределах 780–1050 °С, соответственно и к.п.д. печи меняется от 34 % до 58 %.

Как отмечалось, эффективность тепловой работы печи, ее к.п.д. можно существенно увеличить за счет организации оптимального режима сжигания топлива с α близким к единице, то есть уменьшения потерь с отходящими дымовыми газами.

Список использованных источников

1. Дружинин Г.М., Дружинин Г.М., Арсеев А.В. Исследование теплообмена конвекцией в циклонной камере // Тематический сборник научных трудов ВНИИМТ. – М.: Металлургия, 1973. Вып. 24. – 173 с.
2. Способ утилизации маслокалиносодержащих отходов: а.с. № 1151768 СССР / В.П. Ульянов, А.Г. Злобин, Г.С. Умнов [и др.] // Открытия. Изобретения. 1985. № 15. – С. 115.

3. Аксенов В.И., Аксенов В.И., Аникин Ю.В., Никулин В.А., Павлова Т.Г. Проблемы утилизации окалинмаслосодержащих осадков на предприятиях черной металлургии // Экологические проблемы промышленных регионов. – Екатеринбург, 2001. – С. 35.

4. Пуско-наладочные работы на установке для огневого обезвреживания замасленной стружки чугуна для ООО «Спецсплав-М». Технический отчет. – Екатеринбург: ООО НПФ Горелочный центр», 2009.

5. Подковыркин Е.Г. Разработка научных основ и агрегата для получения железосодержащего металлургического сырья из техногенных отходов: дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Екатеринбург: ОАО «ВНИИМТ», 2011. – 178 с.

УДК 669.33

А. А. Гинкель, Г. В. Воронов, С. А. Проданов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

АНАЛИЗ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ ПЕЧИ ВАНЮКОВА

Аннотация

С использованием пакета прикладных программ Flow Simulation в среде SolidWorks выполнено численное моделирование потоков в рабочем пространстве печи Ванюкова. Произведен анализ потоков в проектном и действительном режимах. Обоснован выбор действительного режима и показаны его преимущества.

Ключевые слова: печь Ванюкова, штейн, аэродинамика, SolidWorks, Flow Simulation, сифон, стенка, кессон, кислород, шлак, шихта.

Abstract

Using the FlowSimulation software package in the Solid Works environment, numerical simulation of flows in the working space of the Vanyukov furnace has been performed. Flow analysis is performed in the design and actual modes. The choice of the actual regime is justified and its advantages are shown.

Keywords: Vanyukov furnace, matte, aerodynamics, SolidWorks, FlowSimulation, Siphon, wall, caisson, oxygen, slag, charge.

Схема печи Ванюкова представлена на рис. 1.

Характеристика печи. На печи установлено 46 фурм по 23 на сторону. Расход КВС на одну фурму 875 м³/ч (0,243 м³/с или 0,349 кг/с). Суммарный расход КВС на ПВ: 11,178 м³/с. Состав КВС: 88 % об. – кислород, 12 % об. – воздух. Плотность КВС при нормальных условиях (0 °С; 101325 Па): 1,413 кг/м³. Массовый расход шихты: 26,667 кг/с. Суммарная масса поступающих элементов в печь: 34,313 кг/с. Расчетная условная плотность среды (дымовые газы, шлак, капли штейна, и т.п.), находящейся в надфурменной зоне при температуре плавки 1250 °С, равна 0,489 кг/м³ и плотность КВС при принятых условиях 0,253 кг/м³.

Теоретические и экспериментальные исследования. Для работы была построена модель рабочего пространства печи Ванюкова в двух вариантах, единственное отличие между ними в том, что в действительном режиме отключены 6 фурм нижнего ряда под аптейком.